

ANALÝZY KERAMICKÝCH MATERIÁLŮ Z HRADU ROKŠTEJNA

Karel Slaviček – Zdeňka Bočková – Dalibor Všianský

Abstrakt:

Příspěvek shrnuje poznatky mikropetrografického, rentgenometrického a chemického studia patnácti fragmentů keramických materiálů z hradu Rokštejna. Mikropetrografickými rozbory keramiky bylo prokázáno, že jde o místní zboží, pálené při teplotách nižších nebo blízkých 850 °C. Zjištěné normativní minerální složení odlišuje keramiku nejstaršího stavebního horizontu od keramiky mladší. Metoda XRD nepřinesla v tomto případě vhodné výsledky pro určení surovinového zdroje.

Klíčová slova:

Rokštejn – keramika – suroviny – přírodovědné analýzy.

Abstract:

Analyses of ceramic materials from the Rokštejn Castle

The paper summarizes the knowledge resulting from micro-petrographic, X-ray-based and chemical study of fifteen fragments of clay materials from the Rokštejn Castle. Micro-petrographic analyses of pottery have revealed that the ceramics found represent local ware, which was fired at temperatures lower than or close to 850 °C, and whose chemical composition correlates with their age. The XRD method in this case did not yield any results suitable for determination of raw material source.

Keywords:

Rokštejn – pottery – raw materials – natural scientific analyses.

Úvod

Systematický archeologický výzkum hradu Rokštejna probíhá již od roku 1981 (Měřínský 2007, 8). Během více než tři desítek výzkumných sezón bylo shromážděno značné množství keramických artefaktů, které jsou postupně zpracovávány (např. Krňová 2010; Běhounková 2012; Dvořák 2012; Slaviček 2012; Těsnohlídek 2013). Tradiční postup zpracování je založen na makroskopickém popisu artefaktů. Podrobnější informace o studovaném materiálu přinášejí aplikace přírodovědných metod. Mineralogicko-petrografický přístup umožňuje použitím optických nebo fyzikálně-chemických analytických metod získat konkrétní data o složení keramiky a přispět k poznání proveniencí a technologie výroby. S tímto cílem byly vybrané keramické fragmenty studovány rentgen-fluorescenční analýzou (XRF) a rentgenovou difraktoметриí (XRD). Výsledky byly konfrontovány s mikropetrografickými rozbory. Současně s tím bylo provedeno mikropetrografické a rentgenografické porovnání mezi vypálenými a nevypálenými keramickými surovinami a vybranými vzorky rokštejnské keramiky.

Regionální geologické poměry

Pro určení proveniencí souboru keramických artefaktů jsou důležité regionálně-geologické znalosti. Hrad Rokštejn je

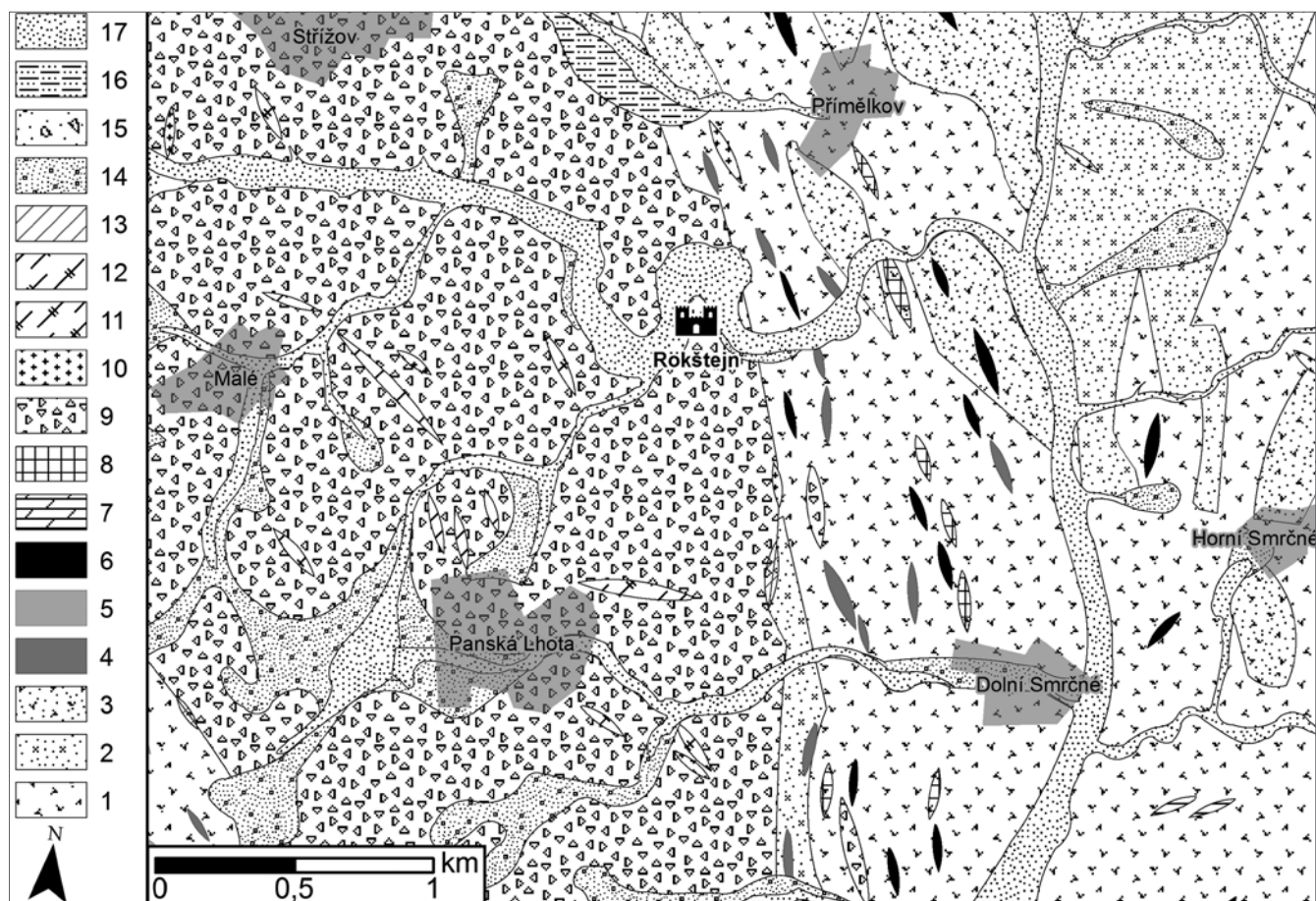
situován na východním okraji jihlavského masivu při kontaktu s moravskou větví moldanubika (obr. 1).

Jihlavský masiv představuje magmatické těleso konformně uložené v okolních metamorfovaných horninách. Tvarem je protaženo ve směru SSZ–JJV, ve střední části je zúženo a jižní část je výrazně stočena ve směru S–J. Na severu se noří pod třetihorní a kvartérní sedimenty, pod nimiž pravděpodobně pokračuje více na sever. Jihlavský masiv je tvořen středně až hrubě zrnitým kvarcmonzonitem. Minerální asociaci kvarcmonzonitu tvoří křemen, ortoklas, plagioklas (An_{40-50}), biotit, pyroxen (hypersten, diopsid) a amfibol. Z akcesorických minerálů byly popsány apatit, zirkon, titanit, rutil, allanit, turmalín a spinel. Z rudních minerálů jsou přítomny magnetit a ilmenit. Ze sekundárních pak chlorit, limonit, kaolinit, sericit. Struktura kvarcmonzonitu je masivní, místy usměrněná. Mikrostrukturu má hypautomorfně zrnitou až porfyrickou s hypautomorfně zrnitou základní hmotou. V severní a střední části masivu vystupují mylonity (Tonika 1967, 107–115; Laštovička 1968, 30–51).

Jihlavský masiv je obklopen tzv. pestrou sérií moravské větve moldanubika. Jejím základním horninovým typem jsou sillimanit-biotitové pararuly, místy slabě až středně migmatizované. Sillimanit-biotitové ruly jsou tvořeny křemenem, draselnými živci, plagioklasy, biotitem, sillimanitem a muskovitem. Akcesorické minerály jsou zastoupeny granátem, apatitem, zirkonem, titanitem a rutilem. Pestré vločky v rulách tvoří hojná tělesa kvarcitů, grafitových hornin, mramorů, vápenato-silikátových rohoveců (erlanů), kyselých a zejména bazických metavulkanitů tholeiitického nebo intradeskového charakteru (amfibolity, eklogity). Směr horninových pruhů pestrých vloček kopíruje směr kontaktu jihlavského masivu a moldanubika. Přímý kontakt obou jednotek je ve východní části setřen mylonitizací a jihojihovýchodně od Rokštejna aplitickými lemy (Laštovička 1968, 12–29).

Materiál a metodika

Pro analýzy byly vybrány drobné, převážně tenkostěnné (4–8 mm silné) úlomky výdutí kuchyňské a stolní keramiky. I přesto, že bylo analyzováno pouze patnáct keramických zlomků, má vybraný soubor ambice reprezentovat variabilitu tohoto materiálu na lokalitě. Makroskopické vlastnosti keramických artefaktů byly popsány pomocí databázového deskripčního systému, který byl použit pro zpracování středověké keramiky z obléhací polohy hradu Lichnice (Doležalová 2013, 116–150). Zkoumaný soubor obsahuje keramiku makroskopicky rozdílného složení – jemnozrnnou i středně zrnitou, s různým obsahem grafitu a slídy, oxidačně i redukčně pálenou. Redukčně pálené fragmenty byly na vnějším i vnitřním povrchu zbarveny šedě až hnědě, oxidačně pálené byly zbarveny oranžově. Povrch keramiky byl hladký, převážně nezdobený. Pouze několik keramických střepů bylo zdobeno rýhou. Analyzovaná



Obr. 1. Geologická mapa okolí Rokštejna. 1 – biotitická a sillimanit-biotitická pararula lokálně migmatitizovaná; 2 – biotitická a sillimanit-biotitická migmatit; 3 – sillimanit-biotitická migmatitizovaná pararula s cordieritem; 4 – grafitová pararula; 5 – kvarcit; 6 – amfibolit; 7 – krystalický vápenec; 8 – erlán; 9 – pyroxen-biotitický křemenný monzonit – jihlavský masiv; 10 – mikrogranit; 11 – aplit; 12 – pegmatit; 13 – žilný křemen; 14 – deluviální, hlinitopísčité až hlinitokamenité sedimenty; 15 – deluviální, kamenité, převážně soliflukční sedimenty; 16 – deluvioeolické, písčitolílovité sedimenty, předpokládané stáří wurm; 17 – deluviofluviální, písčitolívnité sedimenty. Podle Krmíček 2011, upraveno.

Abb. 1. Geologische Karte der Umgebung von Rokštejn. 1 – lokal migmatisierter, biotitischer oder sillimanit-biotitischer Paragneis; 2 – biotitischer oder sillimanit-biotitischer Migmatit; 3 – sillimanit-biotitischer migmatisierter Paragneis mit Cordierit; 4 – Graphit-Paragneis; 5 – Quarzit; 6 – Amphibolit; 7 – kristallinischer Kalkstein; 8 – Erlan; 9 – pyroxen-biotitischer Quarz-Monzonit – Iglauer Gebirge; 10 – Mikrogranit; 11 – Aplit; 12 – Pegmatit; 13 – Gangquarz; 14 – diluviale, lehmig-sandige bis lehmig-steinige Sedimente; 15 – diluviale, steinige, vorwiegend Solifluktionssedimente; 16 – diluvial-äolische, sandig-lehmige Sedimente, vermutlich wurmzeitlichen Alters; 17 – diluvial-fluviale, sandig-lehmige Sedimente. Nach Krmíček 2011, modifiziert.

keramika pochází z různých stavebních horizontů (tab. 1). Sedm vzorků pochází z vrstev stavebního horizontu I, který je datovaný do poslední třetiny 13. a na počátek 14. století. Jde o vrstvy a objekty vzniklé při výstavbě hradu Rokštejna a při jeho využívání. Dva vzorky byly vybrány z horizontu II, který představuje markantní stavební úpravy hradu během druhé poloviny 14. až 15. století. Jeden vzorek náleží suťovému horizontu vzniklému po zániku hradu (horizont IV), tři fragmenty horizontu V, který odpovídá subrecentním terénním zásahům datovaným převážně do 19. století. Poslední keramický fragment pochází z amatérského výzkumu B. Coufala, pro který byl vyčleněn horizont VI (Mazáčková 2012, 199–200).

Optickou mikroskopií bylo zkoumáno sedm vzorků (tab. 1). Mikroskopická pozorování výbrusových preparátů keramických artefaktů a srovnávacích vypálených tablet z vybraných

surovin byla provedena v procházejícím polarizovaném světle petrografického mikroskopu Olympus BX51. Určována byla zrnitost, poměr plastické a neplastické složky, porozita, mikrostruktura a charakter pojiva (podle Gregerová a kol. 2010, 46–48). Mikropetrografickými rozbory byly identifikovány přítomné úlomky minerálů a hornin. Stručně byl charakterizován i způsob výpalu. Mikrofotodokumentace byla provedena fotoaparátém Canon EOS 40D.

Prášková rentgenová difrakce (XRD) byla provedena ve Výzkumném ústavu stavebních hmot, a.s., v Brně na aparatuře Bruker D8 Advance s Cu-anodou (λ_{Cu} = 0,15418 nm), 1D pozicičně citlivým detektorem a variabilními divergentními clonami při konvekční Bragg-Brentano parafokusační $\Theta - \Theta$ reflexní geometrii. Byly nastaveny parametry: krok – 0,02° 2 Θ , čas na krok – 188 s, měřená úhlová oblast – 6–80° 2 Θ , celková doba

Přír. číslo	Horizont	XRF	XRD	Výbrus
6560a	I	-	+	+
D2869	I	+	+	+
D3667a	I	+	-	-
D3667b	I	+	+	+
D5951a	I	+	-	-
5749a	I	+	+	+
5749b	I	-	+	+
D5788	II	-	+	+
5909	II	+	-	-
1236/1	IV	+	-	-
3407c	V	+	-	-
3407d	V	+	-	-
5473b	V	+	-	-
C1	VI	+	-	-
3698	x	+	+	+

Tab. 1. Zkoumaná keramika, její přiřazení stavebním horizontům a použité metody.

Tab. 1. Die untersuchte Keramik, ihre Zuordnung zu Bauhorizonten und die angewandten Methoden.

Vzorek	Křemen	Illit a slídy	Alkalické živce	Plagioklasy	Kalcit	Hematit
3698	+++	++	+++	++	+	-
5749b	+++	++	++	+	+	-
D5788	+++	++	+++	++	-	+
D2869	+++	++	++	++	-	+
D3667b	+++	++	++	++	-	+
6560a	+++	++	++	++	-	+
5749a	+++	+	++	-	-	+

Tab. 2. Semikvantitativní zastoupení minerálů podle XRD.

Tab. 2. Semiquantitative Vertretung der Minerale anhand der Röntgendiffraktometrie.

trvání jednoho skenu činila tedy ca 74 min. Pro analýzy byly vzorky rozdrceny v mechanické achátové třecí misce a poté upěchovány do kyvet s horním plněním. Analyzováno bylo sedm keramických fragmentů (tab. 1).

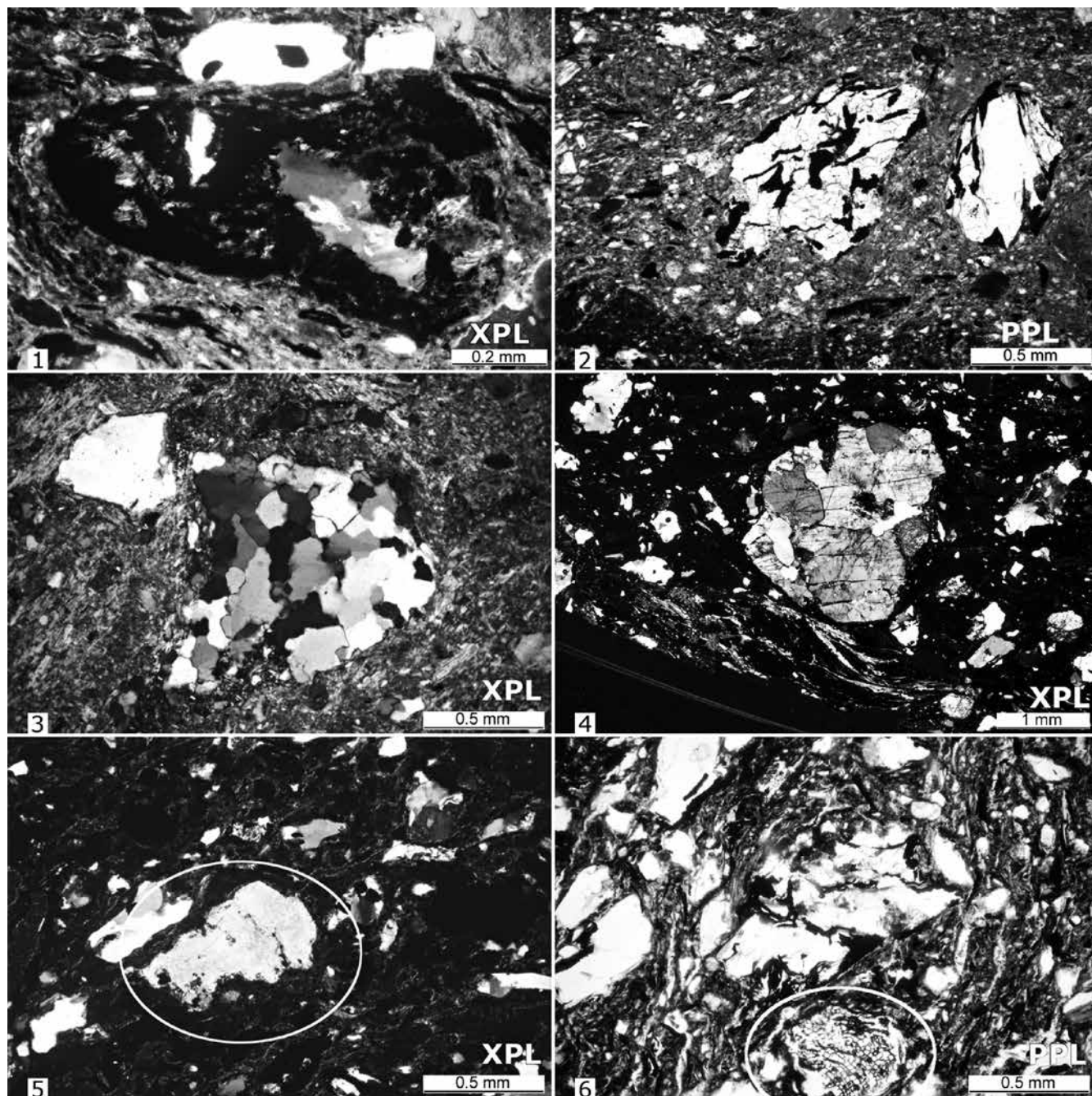
Chemické složení bylo stanoveno metodou XRF v institutu TOPOI v Berlíně pomocí spektrometru Philips AXIOS. Vzorky byly nejprve zbaveny povrchu a vyčištěny ultrazvukem v destilované vodě. Poté byly nadrceny na prášek, žháný na 880 °C (nárůst teploty – 200 °C/h, doba izotermní výdrže na maximální teplotě – 1 h), nataveny směsí lithiium-borátu (Merc Spectromelt A12) a odlity do tablet. Metodou XRF bylo analyzováno dvanáct vzorků keramických fragmentů (tab. 1). I přesto, že chemické analýzy podávají dobrou představu o zastoupení oxidů prvků a dovolují předpokládat přítomnost určitých minerálů, využívá se pro získání představy o minerálním složení studovaných hornin i možnosti tzv. umělých (normativních) minerálů. V posledních letech jsou k dispozici vhodné

softwarové prostředky umožňující velmi rychle vypočítat normativní minerální složení sedimentárních hornin. V případě této práce byl použit program MINLITH (Rosen a kol. 2000). I velmi malé změny v obsahu určitých oxidů umožní rychle a efektivně zjistit, ve které minerální fázi jsou obsaženy, a proto je při studiu a při klasifikačním zařazení hornin s úspěchem používána i tato alternativní metoda výpočtu minerálních molekul, vycházející z chemického složení. Pro odlišení od reálné (modální) mineralogické analýzy hovoříme o normativním minerálním složení. Normativní minerální molekuly představují nejjednodušší chemické vzorce minerálů a lze je s úspěchem použít i pro určení složení surovin použitých pro výrobu keramiky.

Pro posouzení surovinové báze byly zvoleny tři druhy jílovitých sedimentů pocházejících z rozdílných sedimentačních prostředí. Studovány byly sedimenty říčky Brtnice, Stonařovského rybníka a Valchovského potoka u obce Čenkov. Všechny jily byly analyzovány XRD a pro posouzení teplotních změn, které se realizují během výpalu, byl vybrán vzorek jílu z náplavů říčky Brtnice, u kterého bylo experimentálním výpalem zjištěno problematické slinování (Bočková a kol. 2014, 121). Použita byla diferenční termická analýza (DTA) a termogravimetrie (TG). Analýza byla provedena v peci za přístupu vzduchu s maximální teplotou 1000 °C (nárůst teploty 10 °C/min). Termická analýza byla provedena na přístroji Setaram Setsys Evolution – 2400. Vybrané jílové suroviny byly keramicky zpracovány, tj. vytvarovány, vysušeny a vypáleny v elektrické odporové peci LAC K150/12 na teplotu 800 °C při rychlosti zahřívání 4,5 °C/min, výdrži 4 hodin a rychlosti chlazení – 3,8 °C/min. Z těsta byly válením a vykrajováním zhotoveny kruhové tablety (d = 3 cm), z každé suroviny byly vypáleny čtyři tablety. Opticky byly studovány tři tablety z vypálených surovin a tyto byly konfrontovány s odpovídajícími tabletami ze surových jílu.

Výsledky

Na základě provedených mikropetrografických rozborů lze mezi studovanými keramickými artefakty rozlišit keramiku grafitovou a písčitou. V obou keramických skupinách jsou součástí neplastické složky: křemen, živce, křemence, metakvarcity, granitoidní horniny, kataklazity, mylonity a ruly variabilního složení se sillimanitem, muskovitem a biotitem (obr. 2). Ve skupině grafitové keramiky k výše uvedenému složení přistupuje grafit. Grafit je přítomen ve formě grafitových hrudek, izolovaných částic a současně je součástí přítomných úlomků grafitových břidelic a rul s grafitem. Identifikovány byly i nerozložené karbonáty (vz. 3698 a 5749b) a relikty biomasy (vz. D3667b). Detailní charakteristiky horninového a minerálního složení ostřiva jsou uvedeny v pracích Bočkové (2013, 22–23) a Slavíčka (2013, 22–23). Mikroskopické studium výbrusových preparátů a znalosti o termických změnách minerálů lze často úspěšně využít i pro určení charakteru atmosféry a výše výpalu. Bylo ověřeno, že analyzované keramické artefakty byly vypáleny nejčastěji v redukčním prostředí. U keramiky se sendvičovým výpalem mohlo docházet ke kombinovanému výpalu, nebo se mohla v závěru výpalu redukční atmosféra v peci změnit v oxidační či naopak. Suroviny jsou navzdory vzdálenosti lokalit odběru a rozdílnosti podloží svým složením téměř totožné. Ve všech je přítomen křemen, živce, slídy,



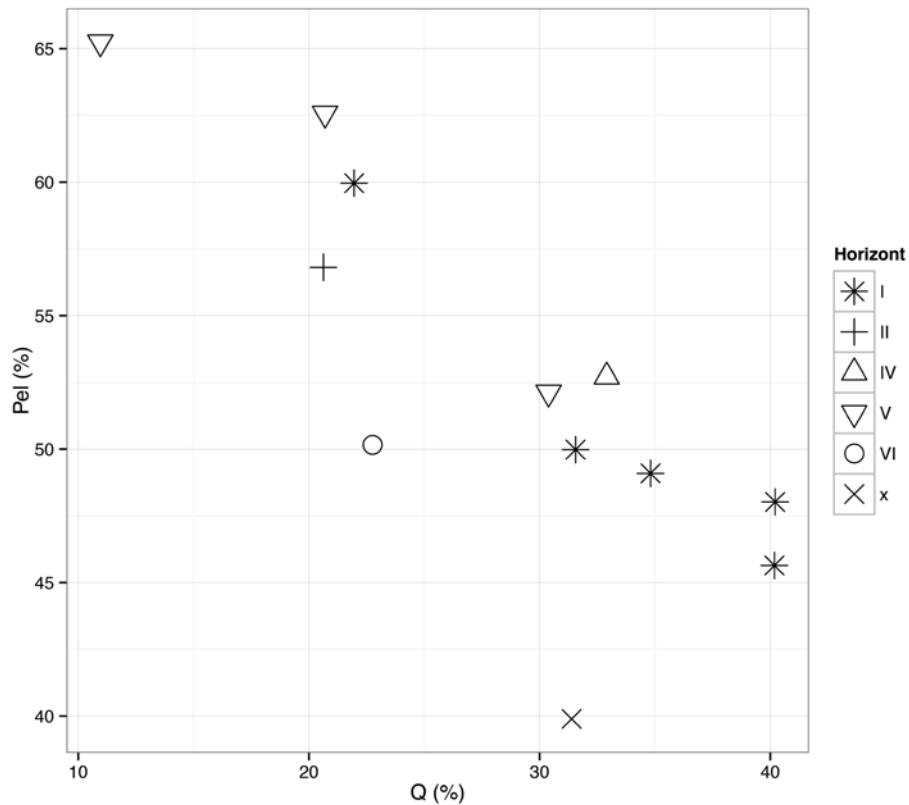
Obr. 2. Mikrofotodokumentace – úlomky minerálů a hornin. 1 – grafitová břidlice (D3667b); 2 – břidlice s grafitem a apatitem (D2869); 3 – křemenec (3698); 4 – granitoidní hornina tvořená alkalickými živci a křemenem (5749a); 5 – primární karbonát (5749b); 6 – relikv biomasy vedle břidlice s grafitem (D3667b).

Abb. 2. Mikrophotodokumentation – Fragmente von Mineralen und Gesteinen; 1 – Graphitschiefer (D3667b); 2 – Schiefer mit Graphit und Apatit (D2869); 3 – Quarzit (3698); 4 – granitoides Gestein aus alkalischen Feldspaten und Quarz (5749a); 5 – primäres Karbonat (5749b); 6 – Relikt der Biomasse neben Schiefer mit Graphit (D3667b).

malé množství jílových minerálů, z nichž opticky byl potvrzen chlorit, dále amfibol a sillimanit. Běžnými horninami jsou granitoidy, metakvarcitty a mylonity. Sillimanitová, muskovitová a grafit-muskovitová rula jsou méně časté.

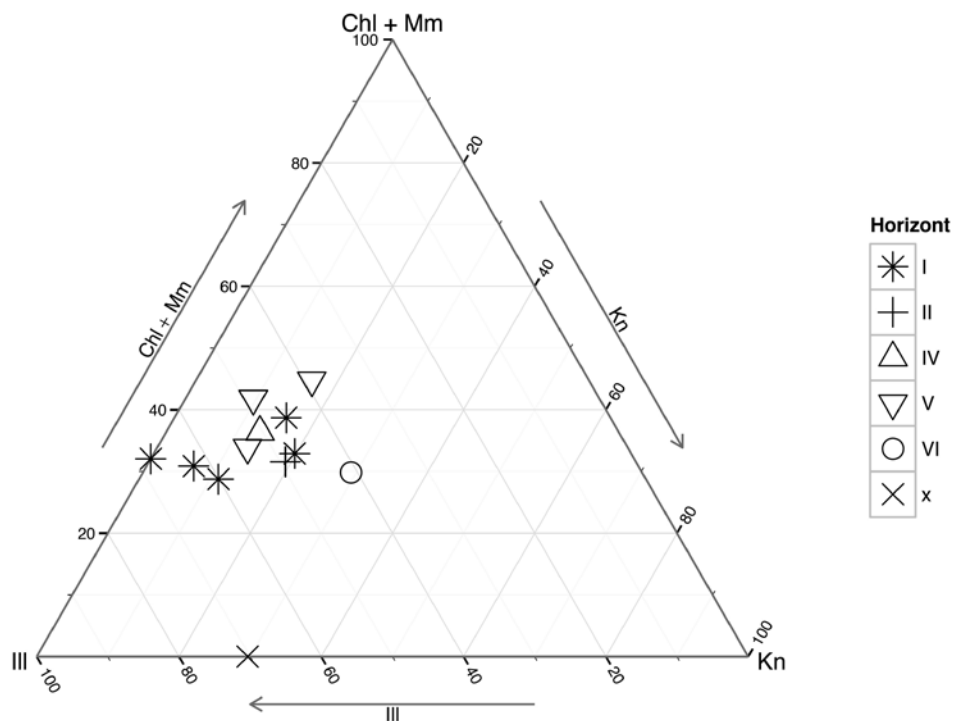
Metoda XRD se uplatnila při zpřesnění identifikace minerálních fází keramických artefaktů. Výsledky potvrdily sho-

du minerálního složení mezi oběma skupinami keramických vzorků. V tab. 2 je uvedeno jejich semikvantitativní zastoupení v jednotlivých vzorcích. Výsledky ukazují, že dominantním minerálem ve všech studovaných artefaktech je křemen. Méně zastoupené jsou slídy a živce. Ve vz. 5749a je obsah plagioklasu menší než citlivost XRD metody. Totéž platí pro hematit



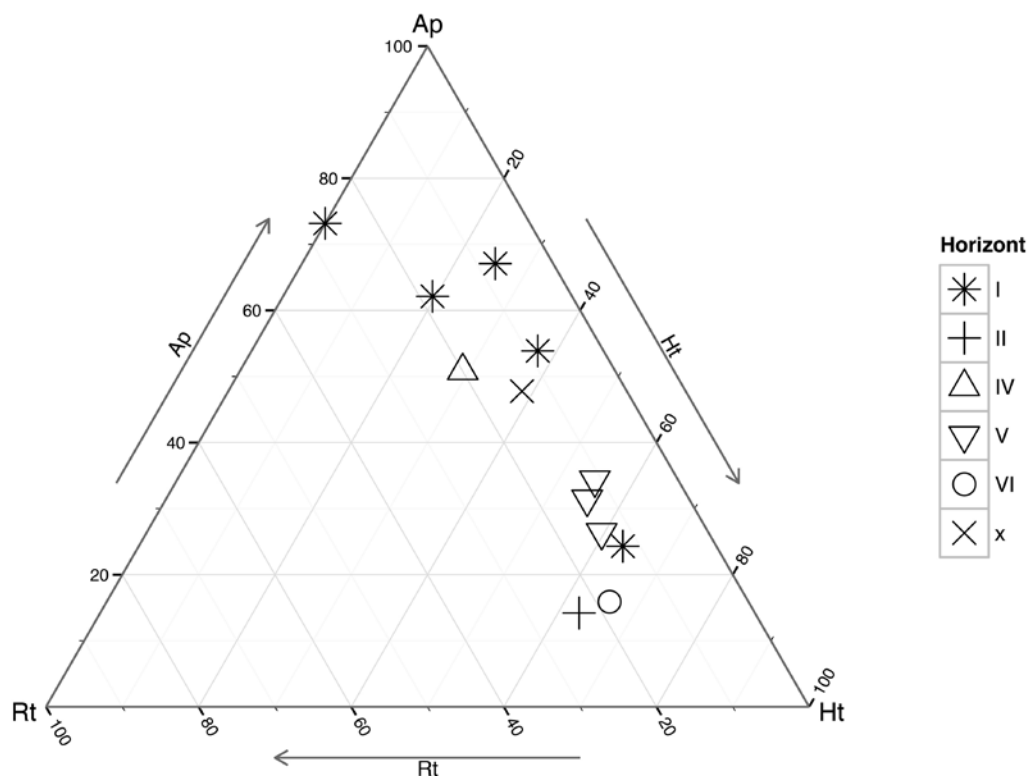
Obr. 3. Poměr zastoupení normativního křemene (Q) a normativních jílových minerálů (Pel).

Abb. 3. Das Verhältnis der Vertretung von normativem Quarz (Q) und normativen Tonmineralen (Pel).

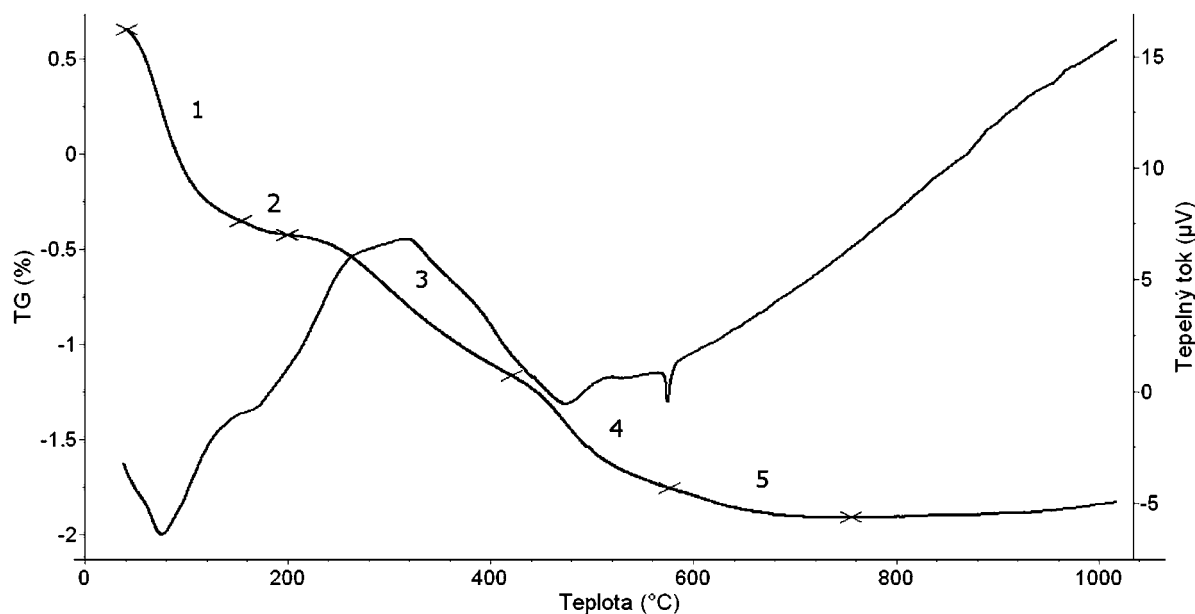


Obr. 4. Ternární diagram znázorňující normativní zastoupení jílových minerálů podle výsledků XRF. Chl – chlorit; Mn – montmorillonit; III – illit; Kn – kaolinit.

Abb. 4. Dreiecksdiagramm der normativen Vertretung der Tonminerale anhand der Ergebnisse der Röntgenfluoreszenz; Chl – Chlorit; Mn – Montmorillonit; III – Illit; Kn – Kaolinit.



Obr. 5. Poměrné normativní zastoupení vybraných akcesorických minerálů. Rt – rutil; Ap – apatit; Ht – hematit.
 Abb. 5. Häufigkeitsverhältnis der ausgewählten akzessorischen Minerale; Rt – Rutil; Ap – Apatit; Ht – Hämatit.



Obr. 6. Výsledky termické analýzy – křivky TG a DTA. Úseky: 1 – únik fyzikálně vázané vody (úbytek hmotnosti – 1,0%); 2 a 3 – vyhořívání organických látek (úbytek hmotnosti 0,8%); 4 a 5 – dehydroxylace jílových minerálů (úbytek hmotnosti – 0,8%).

Abb. 6. Ergebnisse der thermischen Analyse – TG- und DTA-Kurven. Abschnitte: 1 – Entweichen des physikalisch gebundenen Wassers (Gewichtsverlust – 1,0%); 2 und 3 – Abbrennen der organischen Stoffe (Gewichtsverlust – 0,8%); 4 und 5 – Dehydroxylation der Tonminerale (Gewichtsverlust – 0,8%).

(vz. 3698, 5749b). Přítomnost kalcitu ve vz. 3698 a 5749b dokládá teploty výpalu kolem 800 °C. XRD analýzou jílových surovin bylo zjištěno zastoupení křemene, živců (plagioklas, ortoklas a mikroklin), jílových minerálů (illit, kaolinit, montmorillonit, chlorit), slíd a amfibolů. Difraktogramy jednotlivých surovin se vzájemně lišily pouze nepatrně, a to v intenzitách difrakčních linií přítomných fází.

Chemické složení studovaných keramických artefaktů uvádí Slaviček (2013, tab. I, II). Vzhledem k tomu, že tabulky shrnující obsahy stanovených oxidů jsou relativně nepřehledné a nejsou přímo využitelné pro srovnání minerálního složení, byly tyto přepočteny na tzv. normativní minerály (tab. 3, 4). Pro používané klasifikační systémy aleuriticko-pelitických surovin byly využity čtyři skupiny minerálů: Q (normativní křemen), Pel (jílové minerály: illit, kaolinit, montmorillonit a chlority) a Carsd (karbonáty). Vzhledem k velmi nízkému obsahu normativních karbonátů byla tato položka z další analýzy vynechána. Z výsledků a grafů je zřejmé, že se svým normativním složením liší keramika horizontu I a keramika horizontů mladších (obr. 3). Keramika horizontu I má obsah normativního křemene vyšší než 30 % a obsah normativních jílových minerálů nižší než 50 %. Keramika mladších horizontů má naopak obsah normativního křemene menší než 35 % a obsah normativních jílových minerálů vyšší než 50 %. Toto rozdělení poněkud narušuje vzorek D3667 náležící horizontu I, který se svým normativním složením však blíží keramice mladších horizontů. Tento jev dokládá variabilitu keramiky starších horizontů a do budoucna slibuje její rozčlenění do více technologických skupin. Vzájemný poměr normativních jílových minerálů (obr. 4) ukazuje i jejich variabilitu v použitých surovinách. Za zajímavý poznatek lze považovat absence normativního kaolinitu ve vz. D2869 a smektitů ve vz. 3698. Rovněž pozoruhodný je poznatek o absenci živců ve studovaných keramických artefaktech. Jejich přítomnost byla prokázána pouze ve vzorcích D2869 (horizont I), 3407d (horizont V) a 3698. V přehledu normy studovaných keramických artefaktů upoutává pozornost i relativně vysoký obsah normativního

apatitu (obr. 5), který však v tomto případě představuje všechny reálně přítomné fosfáty (převážně vivianit). V keramice horizontu I je zastoupen až 7,5 %, zatímco v keramice mladší pouze nejvýše 2,3 %.

Termickou analýzou jílové suroviny z údolí Brtnice byly zaznamenány endotermní a exotermní reakce a změny hmotnosti (obr. 6). V rozmezí 40–155 °C uniká fyzikálně vázaná voda z jílových minerálů a současně probíhá vyhořívání organických látek při 155–200 °C, které pokračuje v rozmezí od 200 do 417 °C. Dehydroxylace jílových minerálů, především kaolinitu, byla pozorována při 417–567 °C a přeměna nižšího křemene na vyšší při 573 °C. Následně proběhla další dehydroxylace jílových minerálů, pravděpodobně především illitu (Hanykýt–Kutzendörfer 2000, 92). Všechny pozorované procesy byly doprovázeny snížením hmotnosti, které celkově činilo 2,57 %. Tento hmotnostní úbytek je nízký. Nejostřejší pík na DTA křivce náležel přeměně křemene, pík značící dehydroxylaci illitu byl naopak nevýrazný.

Diskuse

Úlomky hornin a minerálů, které byly určeny na výbrusech keramiky, jsou pro okolí Rokštejna typické. Granitoidní horniny pravděpodobně pocházejí z jihlavského masivu, ruly z pestré série moldanubika, která začíná přibližně 200 m východně hradu. Křemence a grafitové horniny jsou součástí pestré série. Mylonity se nachází v pásmu při kontaktu vyvřelého masivu a metamorfovaného moldanubika. Navzdory různé provenienci jílu je jejich zjištěné minerální a horninové složení téměř totožné. Optickou mikroskopií se od sebe daly rozlišit obtížně.

Podle XRD se keramické vzorky liší převážně v přítomnosti a množství plagioklasů, kalcitu a hematitu. V difrakčním záznamu se neobjevily žádné minerály, které vznikají v průběhu výpalu. Z toho se dá usuzovat, že teplota výpalu nepřesáhla 850 °C. O nízké teplotě výpalu svědčí i přítomnost primárního karbonátu, který se v kusové podobě rozkládá při teplotě okolo 800 °C (Maggetti 1982, 128; Shepard 1985, 22; Cultrone a kol. 2001, 624). Zkoumaná keramika byla tedy pálena při teplotě

Vzorek	D3667a	D3667b	D5951a	5749a	D2869	5909
Horizont	I	I	I	I	I	II
Křemen	21,96	40,21	31,56	34,81	40,18	20,63
Montmorillonit	25,85	12,71	8,48	1,69	0	17,62
Illit	32,42	32,14	33,8	28,94	31,01	34,62
Chlorit	1,69	3,17	7,7	18,46	14,63	4,57
Kaolinit	11,18	3,41	6,28	12,13	0	13,47
Apatit	1,23	4,31	7,52	1,99	3,33	0,69
Hematit	3,21	3	2,84	0	1,05	3,05
Rutil	0,62	0,69	0,85	0,73	0,98	1,12
Živce (suma)	0	0	0	0	7,62	0
Jílové minerály (suma)	59,96	48,02	49,98	49,09	45,64	56,81
Karbonáty (suma)	1,77	0,27	0,94	1,21	1,13	4,18

Tab. 3. Procentuální zastoupení normativních minerálů v keramice horizontů I a II.

Tab. 3. Prozentuelle Vertretung der normativen Minerale in Keramik der Horizonte I und II.

Vzorek	1236/1	3407d	5473b	3407c	C1	3698
Horizont	IV	V	V	V	VI	x
Křemen	32,91	10,96	20,7	30,39	22,76	31,39
Montmorillonit	10,92	34,9	21,49	20,22	15,9	0
Illit	30,6	30,34	33,65	31,9	29	39,89
Chlorit	11,19	0	7,43	0	5,26	0
Kaolinit	8	12,68	6,59	7,58	20,75	16,81
Apatit	2,65	1,51	2,33	2,68	0,69	1,39
Hematit	1,52	3,41	4,09	4,27	2,86	1,12
Rutil	1,04	0,8	0,99	0,85	0,79	0,4
Živce (suma)	0	1,11	0	0,31	0	8,33
Jílové minerály (suma)	52,71	65,24	62,57	52,12	50,16	39,89
Karbonáty (suma)	1,1	4,23	2,68	1,71	1,91	0,63

Tab. 4. Procentuální zastoupení normativních minerálů v keramice horizontů IV, V a VI.

Tab. 4. Prozentuelle Vertretung der normativen Minerale in Keramik der Horizonte IV, V und VI.

nepřesahující 850 °C, avšak při velmi krátké době izotermní výdrže. Případně mohl výpal probíhat při nižší teplotě s delší dobou výdrže. XRD analýzy korelovaných jílových surovin mezi sebou nevykazují žádné výrazné odchylky v minerálním složení. Pro posouzení proveniencie zkoumané keramiky se metoda v tomto případě neosvědčila.

Zjištěním chemického složení, které v našem případě umožnila metoda XRF, se u keramiky obvykle usiluje o rozlišení různých technologických skupin, které by představovaly odlišné výrobní postupy nebo dílny. Kromě výroby se řeší i otázky původu, funkce a chronologie (Goffer 2007, 250–260). Vzhledem k velmi malému počtu analyzovaných vzorků je prvním příslibem pro vymezení technologických skupin zjištění rozdílného poměru mezi ostřicí a pojivou složkou keramiky. Poměr normativního křemene a jílových minerálů je jedním z řady identifikačních priorit rozdílných technologií uplatňujících se při přípravě primárního keramického meziprojektu. Pokud zohledníme i další faktory (přítomnost fosfátů, oxihydroxidů Fe, absenci živců, úpravu ostřiva či obecně surovin), můžeme rozšířením analyzovaného keramického souboru v rámci jednotlivých horizontů dosáhnout i u rokštejské keramiky neočekávaných zjištění.

Termická analýza přinesla poznatek, že i přes dobrou plasticitu a zrnitost materiálu nemusí být surovina pro výrobu keramiky vhodná. Ostří pík přeměny nižšího křemene na vyšší na DTA křivce vypovídá o přítomnosti velkého množství tohoto minerálu. Jako nejvýraznější proces byla očekávána dehydroxylace jílových minerálů, ten se však projevil pouze málo zřetelnou endotermou, která dokládá nízké zastoupení jílových minerálů. V tomto případě tedy jde o tzv. fyzikální jíl, čili zrna minerálů, případně hornin, menší než 4 (2) μm, nikoliv o jíl v užším slova smyslu.

Závěr

Provedené analýzy (XRF, XRD) na zlomech kuchyňské a stolní keramiky z hradu Rokštejna a mikropetrografický popis výbrusů přinesly do diskuse o technologii a provenienci konkrétní fakta. Podle poměru normativního křemene

a normativních jílových minerálů je možné rozlišit keramiku horizontu I a keramiku mladších horizontů. Minerální složení zkoumaných vzorků ukazuje, že teplota výpalu mohla dosahovat maximálně 850 °C (vyšší mohla být pouze při velmi krátké izotermní době výdrže). Podle mikropetrografického rozboru není důvod uvažovat o jiném než o místním zdroji keramické suroviny. Srovnání jílu z různých lokalit metodou XRD a pozorováním v polarizačním mikroskopu se ukázalo jako metoda k bližšímu určení zdrojové oblasti suroviny rokštejské keramiky nevhodná. Termická analýza jílu z blízkosti hradu odhalila nedostatky jílových minerálů, a tedy v neupraveném stavu špatnou použitelnost k výrobě keramiky. Příští výzkum by bylo vhodné zaměřit na mikropetrografický popis štěrků a písků z říčních údolí v zájmové lokalitě a rozšíření množství analyzovaných vzorků metodou XRF.

Poděkování

Na tomto místě bychom chtěli poděkovat doc. RNDr. Miroslavě Gregerové, CSc., za konzultace mikropetrografických popisů výbrusů a vyhodnocení rtg-fluorescenční analýzy. Dále pak Ing. Jakubovi Havlinovi za provedení a vyhodnocení termické analýzy a Mgr. Janě Mazáčkové, Ph.D., za iniciaci celého projektu, výběr keramických vzorků a jejich přiřazení jednotlivým stavebním horizontům. Vyhotovení výbrusů a provedení analýz bylo finančně podpořeno grantem CZ.1.07/2.3.00/09.0187 – Vzdělávání v moderních metodách archeologické praxe.

Literatura

- BĚHOUNKOVÁ, L., 2012: Vyhodnocení souborů středověké glazované keramiky z města Jihlavy a hradu Rokštejna, rkp. bakalářské diplomové práce ulož. v ÚAM FF MU, Brno.
- BOČKOVÁ, Z., 2013: Srovnání materiálu keramiky z hradu Rokštejna s místními surovinami, rkp. bakalářské diplomové práce ulož. v ÚGV PFF MU, Brno.
- BOČKOVÁ, Z. a kol., 2014: Bočková, Z.–Doležalová, K.–Kochan, Š.–Mazáčková, J.–Slaviček, K.–Těsnohlídek, J., Experimentální

- výroba keramiky na Panské Lhotě, *Archaeologia historica* 39, 119–137.
- CULTRONE, G. a kol., 2001: Cultrone, G.–Rodriguez-Navarro, C.–Cazalla, O.–De La Torre, M. J., Carbonate and silicate phase reactions during ceramic firing, *European Journal of Mineralogy* 13, 621–634.
- DOLEŽALOVÁ, K., 2013: Vyhodnocení archeologických nálezů z areálu obléhacího stanoviště v trati Ohrada u hradu Lipnice, rkp. magisterské diplomové práce uložená v ÚAM FF MU, Brno.
- DVOŘÁK, T., 2012: Vyhodnocení zahloubeného suterénu v areálu horního hradu Rokštejn, rkp. bakalářské diplomové práce uložená v ÚAM FF MU, Brno.
- GOFFER, Z., 2007: *Archaeological Chemistry*. Hoboken.
- GREGEROVÁ, M. a kol. 2010: Gregerová, M.–Čopjaková, R. Beránková, V.–Bibr, P.–Goš, V.–Hanuláková, D.–Hložek, M.–Holubová Závodná, B.–Kristová, L.–Kuljovská, Z.–Macháček, J.–Mazuch, M.– Procházka, R.–Škoda, R.–Všianský, D., *Petroarcheologie keramiky v historické minulosti Moravy a Slezska*. Brno.
- HANYKÝŘ, V.–KUTZENDÖRFER, J., 2000: *Technologie keramiky*. Hradec Králové.
- KRMÍČEK, L., 2011: Geologická mapa okolí hradu Rokštejn 1:10 000. Brno.
- KRŇOVÁ, Z., 2010: Kamenina z hradu Rokštejn, rkp. bakalářské diplomové práce uložená v ÚAM FF MU, Brno.
- LAŠTOVIČKA, Z., 1968: Geologické poměry v prostoru dolního toku řeky Brtničky na Jihlavsku, rkp. magisterské diplomové práce uložená v ÚGV PŘF MU, Brno.
- MAGGETTI, M., 1982: Phase Analysis and Its Significance for Technology and Origin. In: *Archaeological Ceramics* (Olin, J. S.–Franklin, A. D., edd.), 121–133. Washington.
- MAZÁČKOVÁ, J., 2012: Militária z hradu Rokštejn v širším středoevropském kontextu, rkp. disertační práce uložená v ÚAM FF MU, Brno.
- MĚŘÍNSKÝ, Z., 2007: Hrad Rokštejn. Dějiny, stavební vývoj a výsledky čtvrtstoletí archeologického výzkumu 1981–2006. Brtnice – Brno.
- ROSEN, O. M. a kol., 2000: Rosen, O. M.–Migdisov, A. A.–Abbyasov, A. A.–Yaroshevskii, A. A., MINLITH – A program to calculate the normative mineralogy of sedimentary rocks: the reliability of results obtained for deposits of old platforms, *Geochemistry International* 38, 388–400.
- SHEPARD, A. O., 1985: *Ceramics for the Archaeologist*. Washington, D. C.
- SLAVÍČEK, K., 2012: Keramické poháry z hradu Rokštejn, rkp. bakalářské diplomové práce uložená v ÚAM FF MU, Brno.
- 2013: Analýzy keramických materiálů z nejstaršího horizontu hradu Rokštejn, rkp. bakalářské diplomové práce uložená v ÚGV PŘF MU, Brno.
- TĚSNOHLÍDEK, J., 2013: Vyhodnocení keramického souboru ze zanikového horizontu dolního paláce hradu Rokštejn, rkp. magisterské diplomové práce uložená v ÚAM FF MU, Brno.
- TONIKA, J., 1967: Geologie a petrografie jihlavského masivu – Geology and petrology of the rocks of the Jihlava Massif. In: *Sborník geologických věd*, 1970, sv. 17, řada G (Svoboda, J., ed.), 105–123. Praha.

ZUSAMMENFASSUNG

Analysen der keramischen Materiale aus der Burg Rokštejn

Die durchgeführten Analysen erwiesen eine ähnliche Zusammensetzung der untersuchten Keramik. Die Aufteilung in zwei Gruppen anhand des Verhältnisses von normativem Quarz und normativen Tonmineralen korrespondiert mit dem Alter der Artefakte. Diese Keramik war vermutlich aus lokalen Rohstoffen hergestellt und bei einer Temperatur von höchstens 850 °C gebrannt. Der Vergleich zwischen lokalen Tonen und der Keramik zeigte sich für die Spezifikation des Gebietes der Rohstoffquelle als irrelevant. Der Ton aus dem Tal des Flusses Brtnice, der aus einer Stelle in der Nähe der Burg Rokštejn stammt, ist ein physikalischer Ton, der für die Keramikproduktion nicht geeignet ist.

Mgr. Karel **Slavíček**, Ústav geologických věd Přírodovědecké fakulty Masarykovy univerzity, Kotlářská 2, 611 37 Brno, slav.karel@mail.muni.cz

Bc. Zdeňka **Bočková**, Čápkova 35/32, 602 00 Brno
bockova.zdenka@gmail.com

Mgr. Dalibor **Všianský**, Ph.D., Ústav geologických věd Přírodovědecké fakulty Masarykovy univerzity, Kotlářská 2, 611 37 Brno, 43632@mail.muni.cz.